

介在細胞集団モデルの出力周波数に対する一検討

A study on output frequency of interstitial cell-based model

○中野夏海¹, 二瓶乃亮², 佐伯勝敏³, 関根好文⁴

*Natsumi Nakano¹, Daisuke Nihei², Katsutoshi Saeki³, Yoshifumi Sekine⁴

Abstract: Animal's subconscious periodic motions for example flying, walking and swimming are generated by a CPG(Central Pattern Generator) which is in the spinal cord of vertebrate. The aim of our research is to make a robot which can be adapted autonomously in unknown grounds or rough terrain by applying the robot engineering functions of a CPG. Furthermore, we look into the possibility of reducing the load on the circuit in the circuit operation by configuring the CPG model within a hardware circuit. However, the previously proposed hardware CPG model has a problem that increases the circuit area due to the capacitor.

In this paper, we investigate optimization of the capacitance by simulation. As a result, it is clear that there is regularity in the frequency and the number of stages of the interstitial cell-based CPG model and the capacitance.

1. まえがき

動物の飛行や歩行, 遊泳といった無意識下でも行うことのできる半自動的な周期運動は, 脊椎動物の脊髄に存在するとされている CPG(Central Pattern Generator) によって生成されている. この CPG の機能を工学的にロボットに応用することで, 不整地や未知の土地でも自律的に適応することの出来るロボットが製作可能である. また, ハードウェアで CPG モデルを構成することで, 回路動作時における回路への負荷を低減することが可能である. しかしハードウェアで構成した CPG モデルには, コンデンサによって回路面積が膨大化する問題がある.

先に我々は, パルス形ハードウェアニューロンモデル^[1] (以降, P-HNM と略す) を用いた介在細胞集団モデルによって構成したハードウェア CPG モデルを提案した. このハードウェア CPG モデルは, 介在細胞集団モデルを用いることによって, ロボットの歩行動作制御に適切な低周波 (2~5Hz 程度) を発振可能である. 本モデルの出力周波数は, 介在細胞集団モデルの構成と搭載するコンデンサの容量に依存する. そこで今回, 介在細胞集団モデルの出力周波数に対するコンデンサの容量と, その回路構成の関係性について検討を行った.

2. 介在細胞集団モデル

Fig.1 に P-HNM の回路図を示す. 同図は, 我々が先に提案した CPG モデルを構成する基本単位の回路であり, 生体の細胞体が起こす発火現象を模した発振波形を生成可能な細胞体モデルと, シナプスを電子回路で模したシナプスモデルにより構成している. シナプ

スモデル内の積分部に搭載されているコンデンサ C_s により出力周波数の値が大きく変化する.

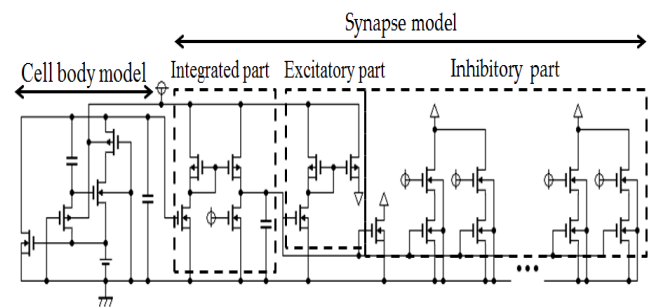


Fig.1 Pulse-type hardware neuron model

Fig.2 に介在細胞集団モデルの構成図を示す. 介在細胞集団モデルは, 複数の P-HNM を縦続接続することで構成しており, 同図は P-HNM を 4 つ用いた場合のモデル図を示している. 図中, Self は一定の入力電圧を加えることにより自励振発振をする P-HNM, $S_n(n=1\sim3)$ は外部から刺激を加えることで発振する他励振発振の P-HNM を示しており, ○—は興奮性シナプスモデル, ●—は抑制性シナプスモデルを示す. 介在細胞集団モデルの動作原理は以下の通りである. まず Self が発振し, S_1 に興奮性シナプスモデルを通して電流が供給される. 次に電流が供給されたことで S_1 が発振する. S_1 が発振すると, S_1 から S_2 に興奮性シナプスモデルを通して電流が供給されると同時に, Self から抑制性シナプスモデルを通して電流が引き抜かれ, Self の発振が抑制される. この動作が S_2 , S_3 でも同じように行われることで, Fig.3 に示すような発振波形を介在細胞集団モデルにより得ることができる.

1 : 日大理工・学部・子情, 2 : 日大理工・院 (前)・電子, 3 : 日大理工・教員・電子, 4 : 日大名誉教授

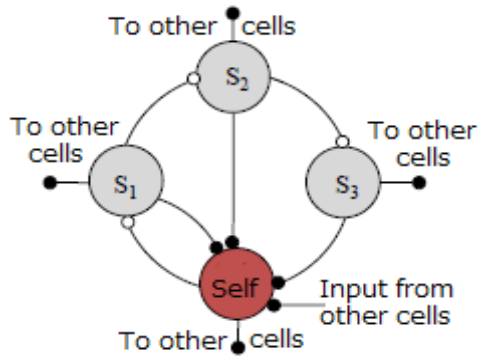


Fig.2 Interstitial cell model

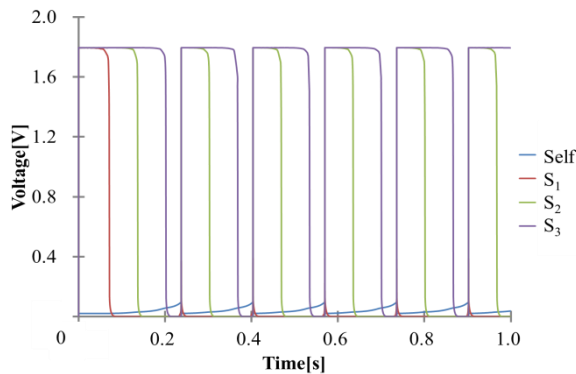


Fig.3 Oscillation waveform

Fig.4 は回路シミュレータ HSPICE を用いたシミュレーション結果で、介在細胞集団モデルの出力周波数特性を示している。同図は、Cs の容量を変化させ、さらにパラメータとして介在細胞集団モデルに用いている P-HNM の数、すなわち、介在細胞集団モデルの段数を変化させた時の出力周波数特性を示している。同図は、介在細胞集団モデルの出力周波数が、Cs の容量が小さくなると上昇し、介在細胞集団モデルの段数を増やすと低下することを示している。また、Cs の変化に対して出力周波数が指数関数的に変化していることから、両者の間に規則性があることがうかがえる。次に、この規則性を明らかにするために、出力周波数に対する Cs の容量と介在細胞集団モデルの段数との関係性について検討する。

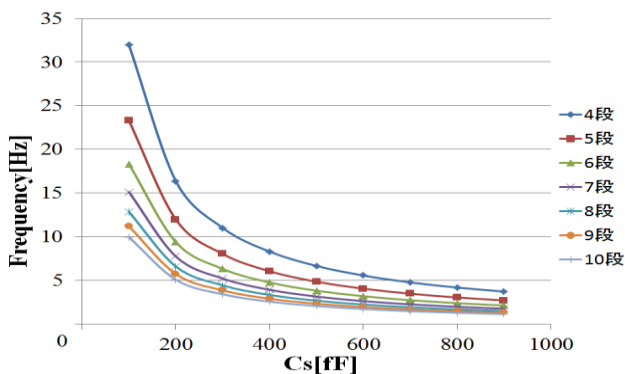


Fig.4 Characteristics of capacitance vs frequency

3. 出力発振波形

Fig.5 は、介在細胞集団モデルの出力発振波形における S_n の立下りと S_{n-1} の立下りの時間差 (以降、 τ_c とする) と Cs の容量の特性を示している。同図は、介在細胞集団モデルの段数をパラメータとしたもので、 τ_c は介在細胞集団モデルの段数の変化には影響を受けず、Cs の容量のみに依存し、比例関係にあることを示している。以上の結果は、介在細胞集団モデルの出力発振波形と Cs の容量との間に線形的な関係性があることを示している。

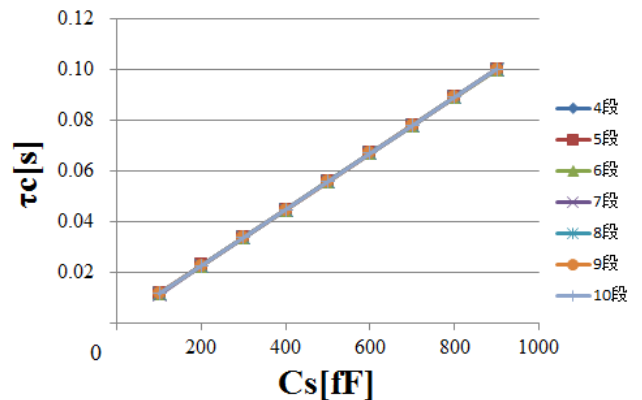


Fig.5 Characteristics of capacitance vs difference between the pulse width

4. まとめ

先に我々が提案した介在細胞集団モデルを用いて、介在細胞集団モデルの出力周波数に対するコンデンサ Cs の容量とその回路構成の関係性について検討した。その結果、介在細胞集団モデルの出力発振波形における S_n の立下りと S_{n-1} の立下りの時間差とコンデンサ Cs の容量との間には線形的な関係性があることを明らかにした。

今後は、出力周波数に対するコンデンサ Cs の容量と介在細胞集団モデルの段数との関係性を導き出す予定である。

5. 参考文献

- [1]関根好文,佐伯勝敏:「カオス発生可能なパルス形ハードウェアニューロンモデルの実装とその応用」,日本神経回路学会誌,Vol.15,No.1,pp.27-38,(2008)
- [2]Katsutoshi Saeki, Tatsuya Tatebe, Yoshifumi Sekine: “A Study on CPG Model Transition Swing and Stance Pattern with Interstitial Cells”,International Joint Conference on Neural Networks,264,pp.177-184,(2012)